Aula 2

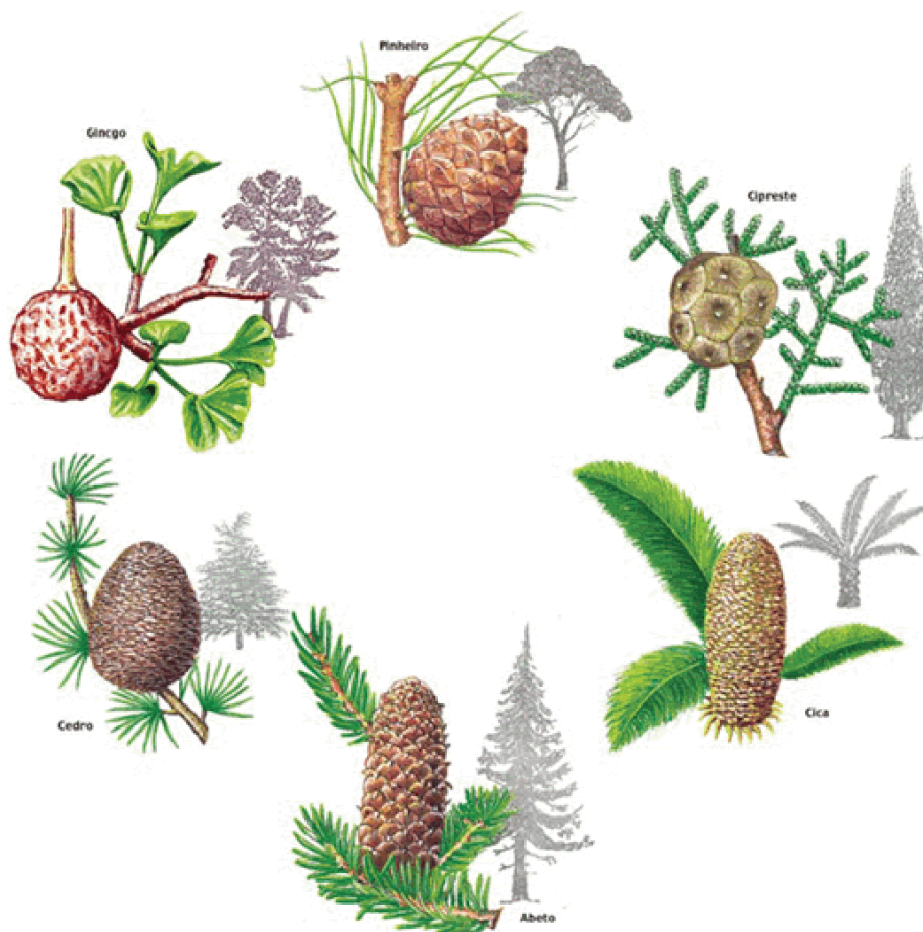
GIMNOSPERMA

META

Apresentar as Gimnospermas, incluindo os grupos extintos e viventes, destacando suas estruturas vegetativas e reprodutivas e a importância da utilização destes caracteres para a taxonomia.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:
saber reconhecer os caracteres diagnósticos deste grupo incluindo informações acerca de sua morfologia, exemplos, importância econômica e grupos viventes.

(Fonte: http://www.algosobre.com.br)

INTRODUÇÃO

Apesar de podermos encontrar erroneamente na internet citações sobre a presença de flores e até mesmo de inflorescências durante a apresentação do ciclo de vida deste grupo, vale a pena destacar que são plantas que possuem sementes nuas, não encerradas (protegidas) pelo ovário, por isso o nome que lhe foi conferido: Gimnospermas que significa "semente (sperma) e nua (gimno)". Dessa forma, é um grupo caracterizado pela presença de sementes e ausência de flores e frutos e incluem árvores como os pinheiros, os ciprestes e as sequoias que também incluem as mais altas e antigas árvores.

Mas se estas plantas não possuem flores como é então que se dá a reprodução dessas espécies? Em relação aos grupos vegetais vocês devem lembrar que desde Briófitas, Pteridófitas até chegar às Gimospermas vem aumentando o nível de adaptação à vida terrestre. Muitas novidades evolutivas aparecem em Gimnospermas e é sobre isso que iremos tratar nesta aula, sobre a presença dos estróbilos (micro e mega), a formação do grão de pólen (gametófito masculino), a formação do óvulo (gametófito feminino) e a formação de sementes.

As plantas com sementes desenvolveram sementes expostas (nuas) ou encapsuladas. Uma semente é formada pela maturação do óvulo após a fertilização; o óvulo contém o gametófito feminino com a sua célula ovo, ambas envolvidas por tegumentos que formam uma casca de semente. Os óvulos são formados sobre megasporofilos ou estruturas análogas. Dados interessantes sobre este grupo de plantas são que as sementes se desenvolvem em estróbilos ou cones, em comparação com os frutos protetores que envolvem as sementes produzidas pelas Angiospermas. Além disso, a polinização é feita pelo vento ou insetos pouco especializados (besouros). Vamos então conhecer um pouco mais sobre as Gimnospermas? Um detalhamento sobre a caracterização deste grupo e suas novidades evolutivas é fornecido a seguir.

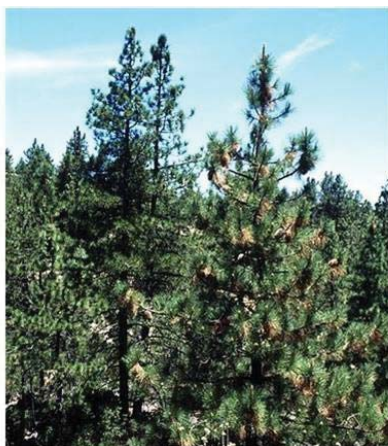
Ramo de cipreste mostrando folhas reduzidas e estróbilos femininos e masculinos. (Fonte: http://www.nucleodeaprendizagem.com.br)

As plantas com sementes, em sua totalidade possuindo tipicamente megáfilos (geralmente folhas grandes com várias a muitas nervuras, podendo ser modificadas em acículas ou escamas em alguns grupos,). incluem cinco filos com representantes viventes: as Cycadophyta, as Gingkophyta, as Coniferophyta, as Gnetophyta e as Antophyta. O filo Anthophyta compreende as Angiospermas (ou plantas floríferas) e os quatro filos remanescentes são frequentemente reunidos em um grupo chamado Gimnospermas.

As Gimnospermas não constituem uma linha evolutiva que seja equivalente às Angiospermas. Em vez disso, as Gimnospermas representam uma série de linhas evolutivas de plantas com sementes, nas quais faltam as características distintivas das Angiospermas. Embora haja apenas cerca de 870 espécies de Gimnospermas vivas, comparadas com 235.000 espécies de Angiospermas, determinadas espécies de Gimnospermas são comumente dominantes em áreas muito amplas.

Seus representantes possuem hábitos bastante variáveis, desde árvores bastante desenvolvidas e ramificadas como é o caso dos pinheiros, até os arbustos e representantes com caule subterrâneo.

Principais representantes

As Gimnospermas reúnem grande número de espécies arbóreas, como as coníferas, entre as quais algumas - as sequoias - são as maiores e mais longevas árvores do planeta. Outras são arbustos e, umas poucas, lianas e cipós. As folhas das Gimnospermas são em geral perenes e como foi citado anteriormente podem ter aspecto acicular (pinheiros, abetos etc.), escamiforme (ciprestes) ou lobulado (ginkgo), ou ainda se assemelharem às das palmeiras (cicadáceas). Certas árvores, como os ginkgos e os lariços, são de folhas caducas. As estruturas reprodutivas têm a forma de cone (estróbilos) em muitas espécies, como nos pinheiros, abetos e cedros, o que originou a denominação de coníferas.

Pinus

Ephedra

Zamia

Figura 1 – Exemplos de hábitos em Gimnospermas.

Caracterização morfológica vegetativa

As folhas neste grupo também são bastante diversificadas variando de grandes como em Cycas, pequenas e aciculares em Pinus, pequenas e escamiformes como em Chamaecyparis, flabeliformes como em Gingko biloba. Os indivíduos de Welwitschia são muito peculiares, possuem apenas duas folhas e um meristema intercalar entre elas que proporciona o crescimento indefinido deste órgão. As folhas de Gnetum possuem limbo expandido e nervações reticuladas muito semelhante às folhas de Eudicotiledôneas.

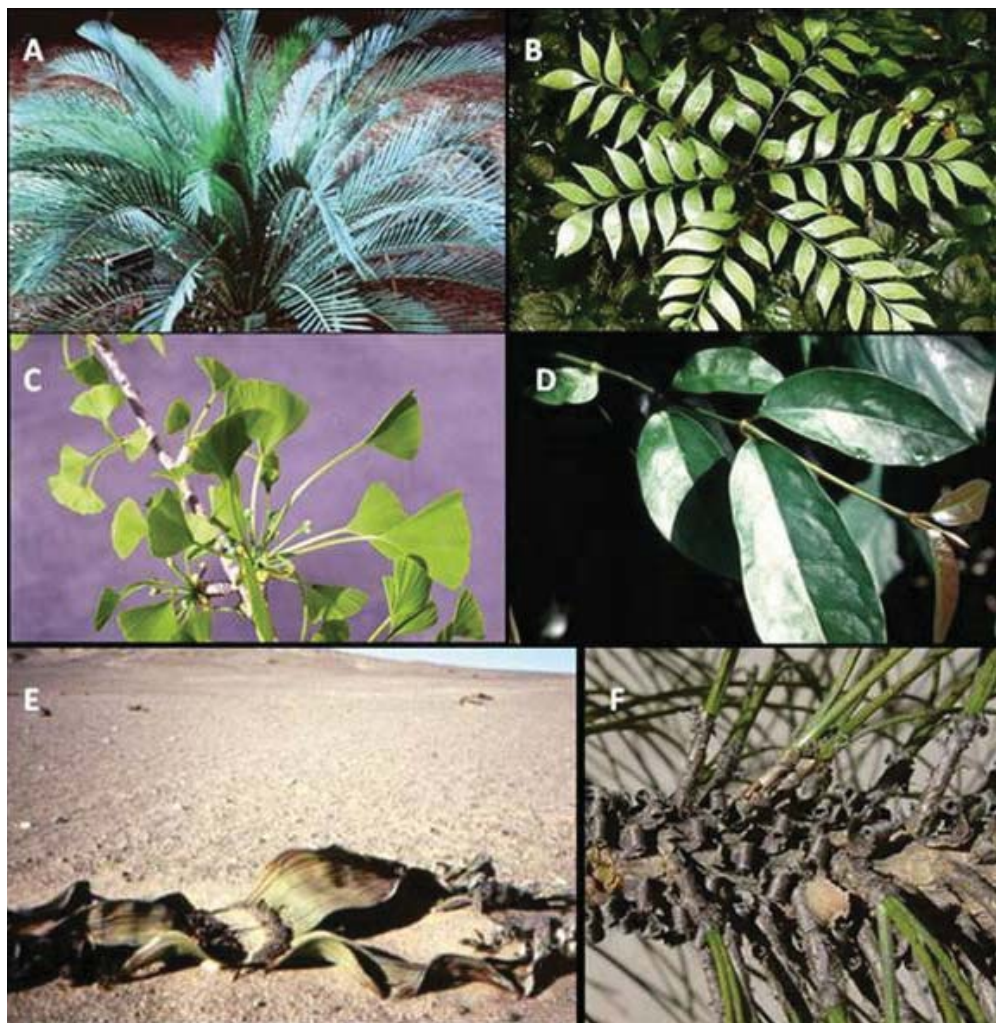



Figura 2 - Diversidade de formas foliares em Gimnospermae, nas cicadáceas (A - B), Gingko biloba (C), Gnetales (D - E) e Pinus (F). FONTE: Simpson, 2006.

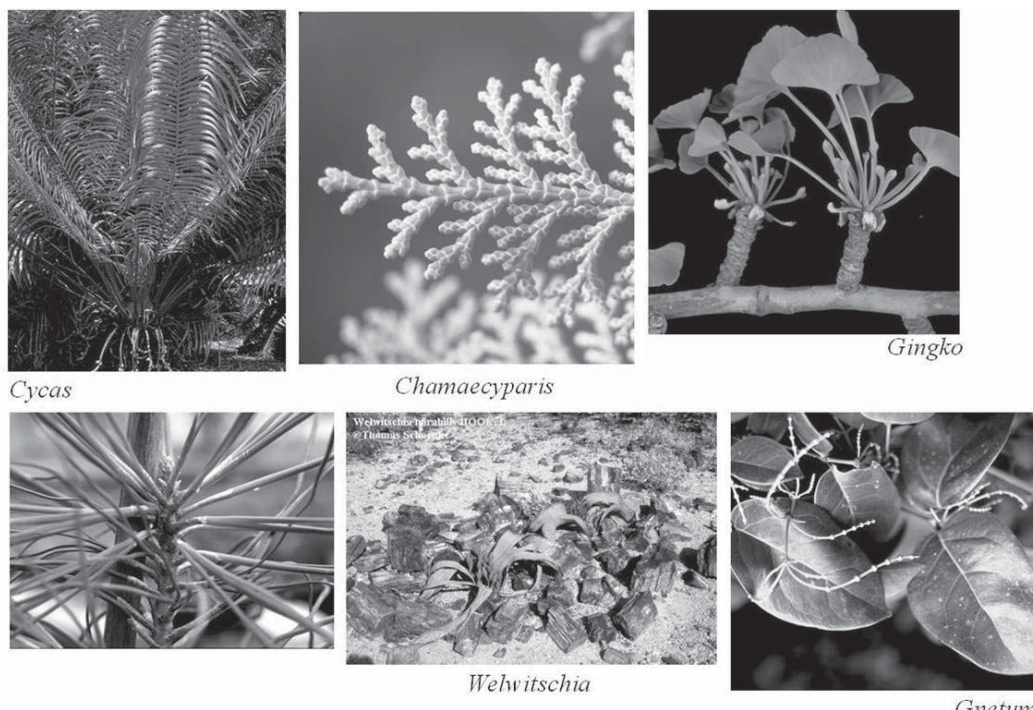



Figura 3 – Exemplos de diversidade de tipos e formas das folhas em Gimnospermas.

CARACTERIZAÇÃO MORFOLÓGICA REPRODUTIVA

ESTRUTURAS REPRODUTIVAS

As estruturas de reprodução das Gimnospermas estão encerradas em estruturas denominadas estróbilos, as quais podem ser microestróbilos ou megastróbilos. Os estróbilos são sempre laterais, apesar de em algumas Cycadales parecerem terminais. Os estróbilos são sempre unissexuados, com a única exceção das Bennettitales, grupo fóssil das Cycadospida, onde eram bissexuados. Nas Cycadopsida, os estróbilos estão em plantas separadas em Cycadales, ocorrendo o mesmo nas Ginkgopsida em Gingko, e nas Gnetopsida em Gnetum, Welwistchia e na maioria das Ephedra. As Pinopsida podem ser exclusivamente monóicas como Pinus, **dioicas** como Podocarpus ou dióicas e **monoicas** como Araucaria.

Formação do gametófito masculino (grão de pólen):

A partir de Gimnospermas a planta produz e retém o esporo dentro dela. Esses esporos não serão lançados ao vento, ficarão dentro dos estróbilos masculinos. Quem será lançado pelo vento é o grão de pólen.

Observe que até Pteridófita existia uma estrutura chamada anterídio que

Dioica
Planta – Diz-se da espécie onde flores estritamente masculinas e estritamente femininas ocorrem em indivíduos separados, isto é, existem em plantas “machos” e plantas “fêmeas”. Contrapõe-se ao termo planta monóica.

Monoica
Planta – Diz-se da espécie onde estruturas dos dois sexos ocorrem na mesma planta em flores unissexuais separadas ou mesmo na mesma flor (flor andrógina). Oposto a flor dióica.

formava o gameta masculino que era o anterozoide. De Gimnospermas em diante não tem mais anterídeo nem anterozoide, o que há agora é o grão de pólen. Vamos ver como o grão de pólen é formado?

Dentro de cada escama do estróbilo masculino existem células chamadas células mãe do miscrósporo. Estas células também podem ser chamadas de microsporócitos. Percebam o nome desta célula: célula mãe do miscrósporo, ou seja, ela vai formar o micrósporo, o esporo masculino.

Conforme foi citado anteriormente a partir de Gimnospermas os esporos não serão lançados ao vento. Em Briófitas e Pteridófitas localizamos os esporos com facilidade porque estes grupos lançam os esporos ao vento. A partir de Gimnosperma não, a planta produz o esporo e retêm o esporo dentro dela. O esporo por sua vez vai formar o gametófito dentro dela ainda, ela não lança o esporo ao vento. Então o que acontece é que estas células mãe dos micrósporos fazem a meiose e com isso produzem os micrósporos, ou seja, os esporos masculinos. Esses esporos ficarão dentro do estróbilo masculino. E de acordo com o ciclo geral dos vegetais quando o esporo se desenvolve ele dá origem a um gametófito, é isso que vai acontecer. Esses micrósporos vão então formar o gametófito masculino. Só que a partir de gimnospermas o gametófito masculino é o grão de pólen.

MICROESTRÓBILOS OU ESTRÓBILOS MASCULINOS

Em todos os grupos, são constituídos por um eixo, ao qual estão presos os microsporofilos, os quais são folhas modificadas que sustentam os microsporângios. Nestes são produzidos micrósporos, que se tornam na maturação os grãos de pólen. Devido a essa organização, os microestróbilos constituem estróbilos simples, pois cada microsporângio está preso a apenas um microsporofilo.

No interior dos microsporângios diferenciam-se muitas células diploides, as células-mãe de micrósporos, as quais após sofrerem meiose dão origem a uma tétrade tetraédrica de micrósporos haploides e unicelulares. Durante seu desenvolvimento, esses micrósporos sofreram mitoses e originam uma estrutura no mínimo bicelular: o grão-de-pólen ou microgametófito. Em Pinus, o microgametófito é constituído, na época da liberação, pelas duas células protalares, pela célula geradora e pela célula do tubo.

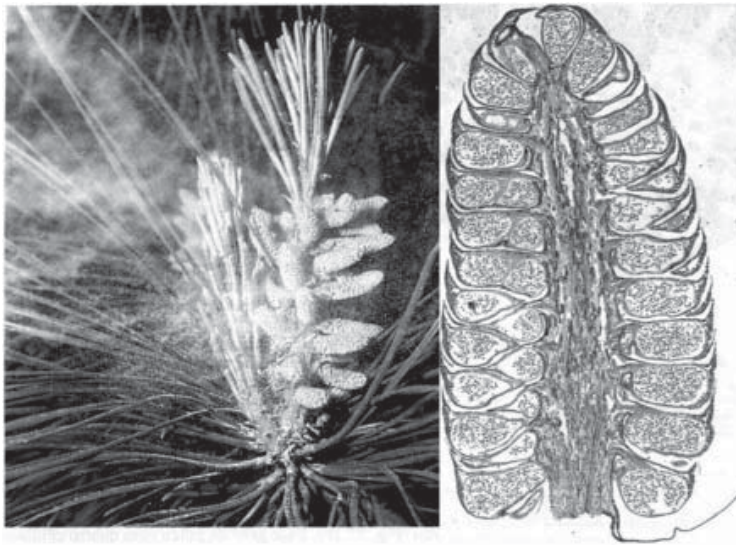



Figura 4 – À esquerda, estróbilo masculino de Pinus radiata liberando grãos de pólen, à direita, corte longitudinal de um estrobílo, mostrando microsporófilos e microsporângios, contendo os grãos de pólen. Fonte: Raven 2005.

Figura 5 – Exemplos de estruturas reprodutivas masculinas em Gimnospermas.

Formação do gametófito feminino (óvulos):

Outra novidade de Gimnospermas é a formação de uma estrutura denominada óvulo. Em vegetais o gameta feminino é a oosfera.

Óvulo é o megasporângio revestido por uma ou duas camadas de tecidos. A palavra óvulo se refere à estrutura que abriga a oosfera.

Dentro de cada escama do megaestróbilo haverá o óvulo. Dentro do óvulo por sua vez haverá o Megaesporócito também chamado de célula mãe do megásporo, ou seja, célula mãe do esporo feminino. O processo vai se repetir, a célula mãe do esporo feminino vai fazer meiose. A meiose como você sabe gera quatro células, mas dessas quatro três vãos e degenerar e fica apenas uma que vamos chamar de megásporo funcional. O megásporo funcional é o esporo feminino. Esse megásporo funcional vai por mitose formar o gametófito feminino. No gametófito feminino de Gimnospermas vamos ter o arquegônio e dentro do arquegônio haverá a oosfera que é o gameta feminino.

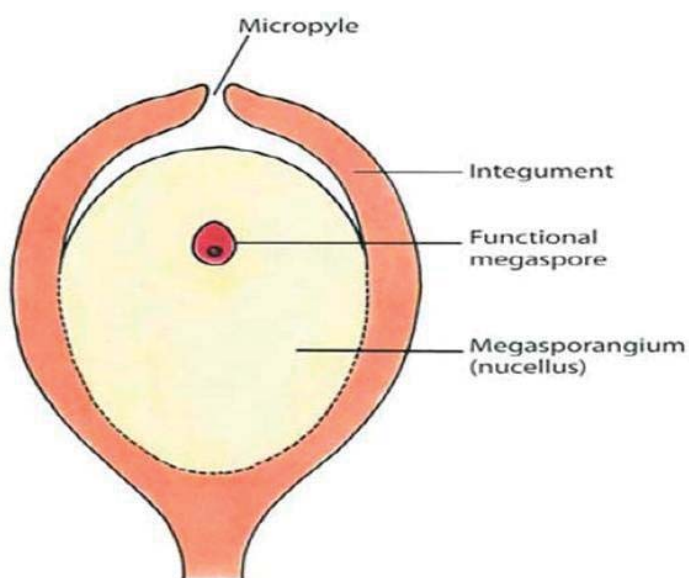



Figura 6 – Partes do óvulo: Fonte: Raven 2005.

1. Tegumento
2. Micrópila
3. Nucelo (megasporângio)
4. Megásporo

FECUNDAÇÃO

Agora que já vimos a formação do gametófito masculino e do gametófito feminino podemos ver como ocorre a fecundação.

Em Gimnospermas o transporte do grão de pólen até o gametófito feminino se dá pelo vento. Esta polinização pelo vento é chamada de polinização anemófila.

Uma vez que o grão de pólen cai na micrópila, que é uma pequena abertura que permitirá a fecundação, ele desenvolve o tubo polínico. O papel do tubo polínico é transportar o núcleo espermático até a oosfera. Então veja bem, o grão de pólen cai na micrópila e desenvolve o tubo polínico que leva o núcleo espermático até a oosfera. O núcleo espermático então fecunda a oosfera. Esta fecundação leva ao desenvolvimento do embrião. Por sua vez, uma vez que a fecundação ocorreu, o óvulo se desenvolve em semente. Esta é outra grande novidade evolutiva do grupo: a formação de semente. A partir de Gimnospermas a fecundação é independente da água. Isso foi um fator importantíssimo para a adaptação a vida terrestre. O que levou as Gimnospermas a terem uma fecundação independente de água? O desenvolvimento do tubo polínico!

Outra questão muito importante foi a formação da semente. A semente traz vantagens incríveis: protege o embrião, carrega nutrientes, facilita a dispersão e é capaz de **dormência**.

Dormência
É um período no ciclo de vida de um organismo no qual o desenvolvimento é temporariamente suspenso. Ela minimiza o gasto energético, por reduzir a atividade metabólica, e pode auxiliar um organismo a conservar energia. Dormência está normalmente associada com as condições ambientais. Os organismos podem sincronizar a entrada em uma fase dormente com o seu ambiente por meios preditivos ou consequenciais. Fonte: http://pt.wikipedia.org.

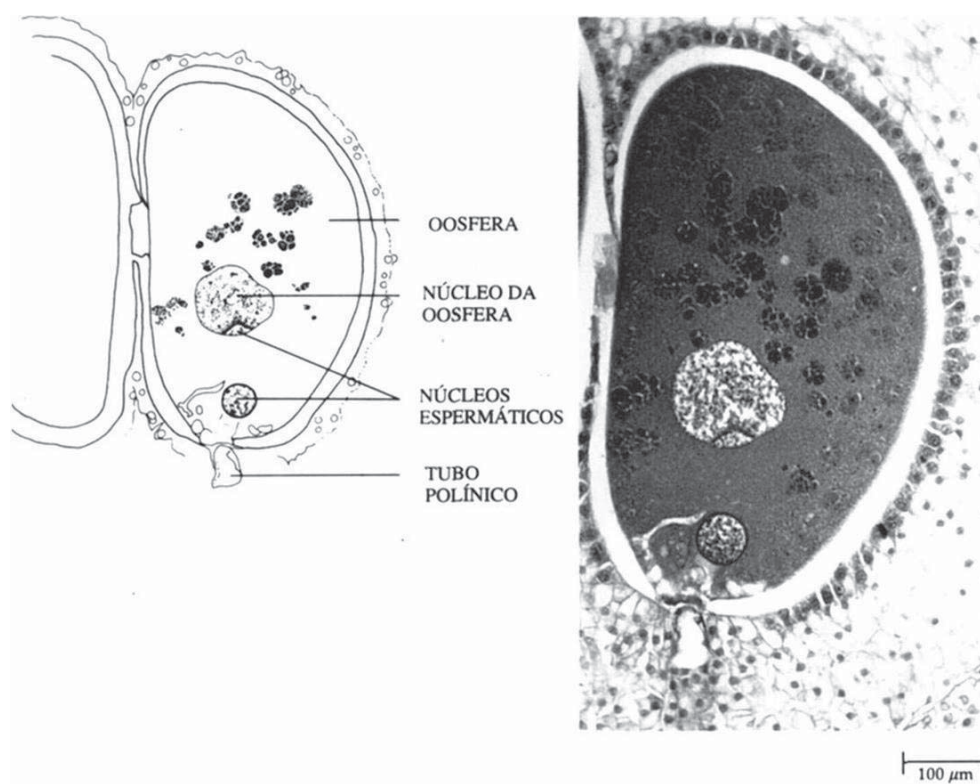



Figura 7 – Fecundação em Pinus: União de um núcleo espermático com o núcleo da oosfera. O segundo núcleo espermático (abaixo) não é funcional; ele irá se desintegrar. Fonte: Raven, 2005.

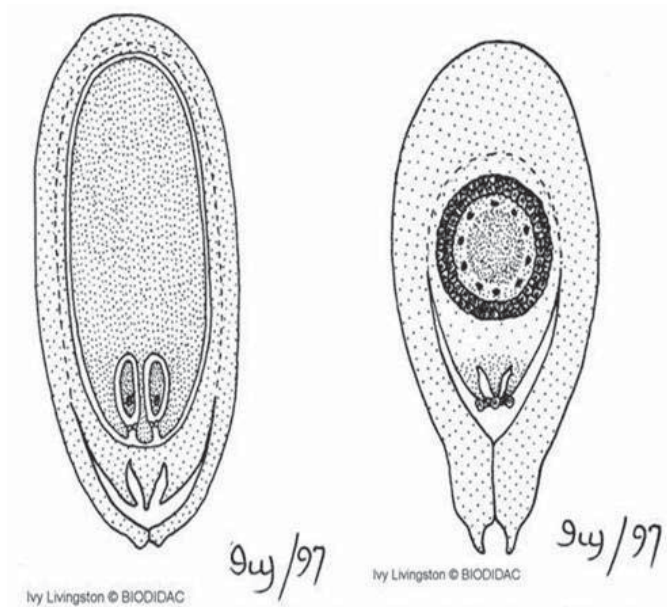



Figura 8 - Desenvolvimento do gametófito feminino em Pinus (à esquerda). Último estágio do óvulo de Pinus após a fertilização (à direita). Fonte: http://biodidac.bio.uottawa.ca

SEMENTE

A semente madura nas Gimnospermas apresenta externamente a manutenção do tegumento, que forma a testa (diploide) e internamente permanecem restos do megasporângio (diploide) e o tecido do megagametófito (haploide), o qual serve de reserva alimentar para o embrião (diploide). Este é diferenciado em suspensor, eixo caulinar embrionário (hipocotilo e epicotilo), raiz embrionária (radícula) e folhas embrionárias (vários cotilédones). Nas coníferas, por exemplo, o embrião porta geralmente 8 cotilédones.

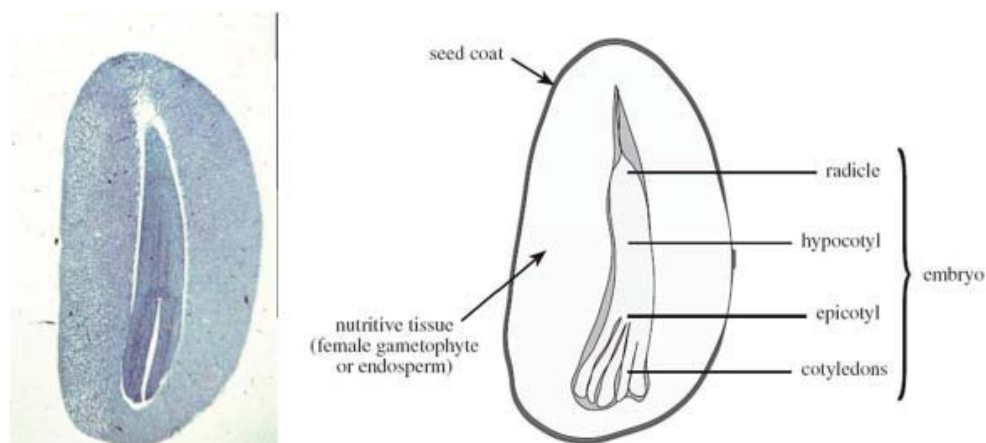



Figura 9 – Esquema morfológico da semente de Pinus sp. Fonte: Simpson 2006.

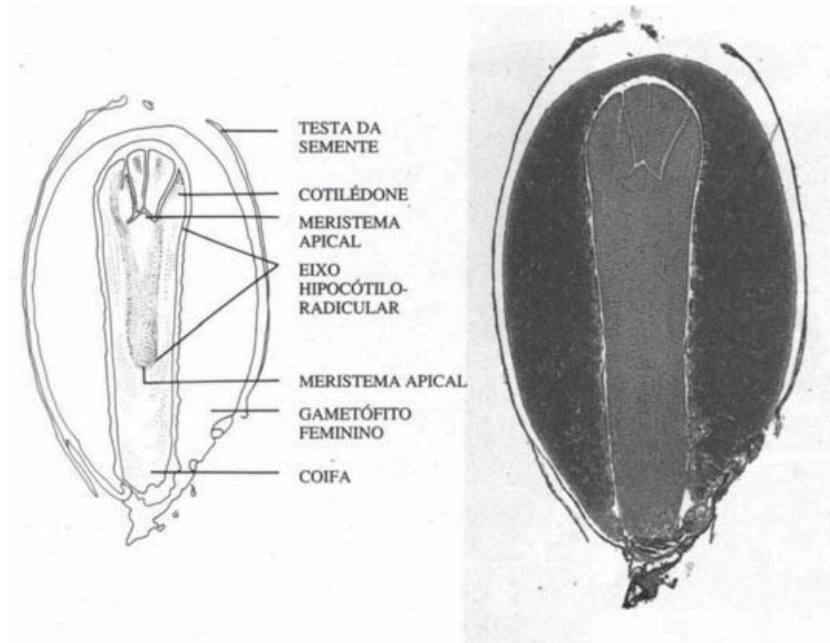



Figura 10 – Pinus. Secção longitudinal da semente. A testa da semente e o embrião representam gerações eporofíticas sucessivas (2n), com uma geração gametofítica intermediária. Fonte: Raven, 2005.

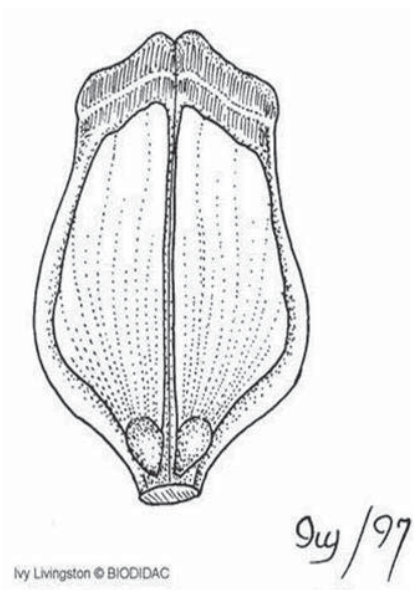



Figura 11 – Pinus. Megasporofilo maduro com duas sementes aladas. Fonte: http://biodidac.bio.uottawa.ca

MEGASTRÓBILOS OU ESTRÓBILOS FEMININOS

São diferentes nos vários grupos. Nas Cycadopsida podem estar ausentes em Cycas ou presentes e simples em Dioon, Zamia e Welwitschia. Em Cycas, os megasporofilos são claramente foliares, grandes e se dispõem na porção terminal do caule e portam geralmente de cinco a oito óvulos cada um. Em

Dioon e Zamia, são peltados e portam apenas dois óvulos.

Nas Gnetopsida, os megastróbilos são pequenos, com poucos óvulos protegidos por pares de brácteas, como em Ephedra, enquanto que em Gnetum, os óvulos se dispõem em verticilos e são cobertos por um invólucro.

Nas Ginkgopsida, em Ginkgo forma-se uma estrutura peduncular, que porta sempre dois óvulos.

Nas Pinopsida, os megastróbilos são ausentes por exemplo em Taxus e presentes nos outros gêneros. Os megastróbilos neste grupo são compostos, formados basicamente por um eixo caulinar, o qual sustenta a escama à qual está preso o óvulo (escama ovulífera) e que é sustentada por uma escama estéril (escama bracteal). Esta organização é de difícil interpretação morfológica, porém, existem boas evidências fósseis para que se aceite que a escama bracteal é de natureza foliar e a escama ovulífera é um ramo reduzido, que nasce na axila da escama bracteal. As escamas bracteal e ovulífera variam em forma, tamanho e grau de fusão (uma coma outra) de acordo com os vários grupos, constituindo, portanto, um excelente caráter taxonômico, principalmente em nível de família. Além disso, é um bom caráter filogenético, pois sua presença é constante desde as primeiras Pinales do Carbonífero.

Nas Pinopsida também ocorre variação no número de óvulos por escama bracteal, mas geralmente portam apenas 2 óvulos. Entretanto, em Podocarpus e Taxus, cada pedúnculo produz um só óvulo. Em Podocarpus, as escamas bracteais são muito reduzidas e a única escama ovulífera é muito desenvolvida e cobre quase completamente o óvulo. Em Taxus, o óvulo é preso a um ramo lateral fértil e faltam as escamas ovulíferas e bracteal. Na época de polinização diferencia-se um arilo, que é um invólucro carnoso que chega a cobrir quase totalmente a semente.

Merece destaque especial o estróbilo monoclino (bissexuado) das Bennettitales, fósseis do grupo das Cycadopsida. Preso ao eixo central, ocorriam os óvulos pedunculados, separados por escamas estéreis e circundados por um verticilo de microsporofilos. Externamente havia escamas estéreis de proteção.

O óvulo nas Gimnospermas é constituído basicamente pelo megasporângio (nucelo) envolvido pelo tegumento. Dentro do megasporângio diferencia-se uma célula, a célula-mãe de megásporos (macrósporos), que por meiose origina uma tétrade linear de quatro megásporos. O mais interno aumenta e dá lugar ao megagametófito (macrogametófito ou gametófito feminino), enquanto os outros degeneram.

A primeira fase de desenvolvimento do megagametófito é caracterizada por uma série de divisões nucleares, seguida pela formação de parede da periferia para o centro. Esta estrutura é encerrada pela parede do megásporo que, em alguns casos, pode aumentar em espessura durante o desenvolvimento do óvulo ou após a formação das paredes das células que compõem o

megagametófito. Certas células mais próximas da micrópila dão lugar aos arquegônios (gametângios femininos), os quais podem variar em número desde 2 até vários. Nos gêneros Gnetum e Welwitschia não existem arquegônios, representando tal ausência uma redução derivada evolutivamente.

Rodeando o megasporângio, do qual é livre apenas na porção terminal, existe um tegumento, exceto em Gnetales, que apresenta dois tegumentos como nas angiospermas. O tegumento se abre no ápice formando a micrópila, que propiciará a entrada, para o interior do óvulo, do microgametófito (gametófito masculino ou grão-de-pólen em estado tricelular).

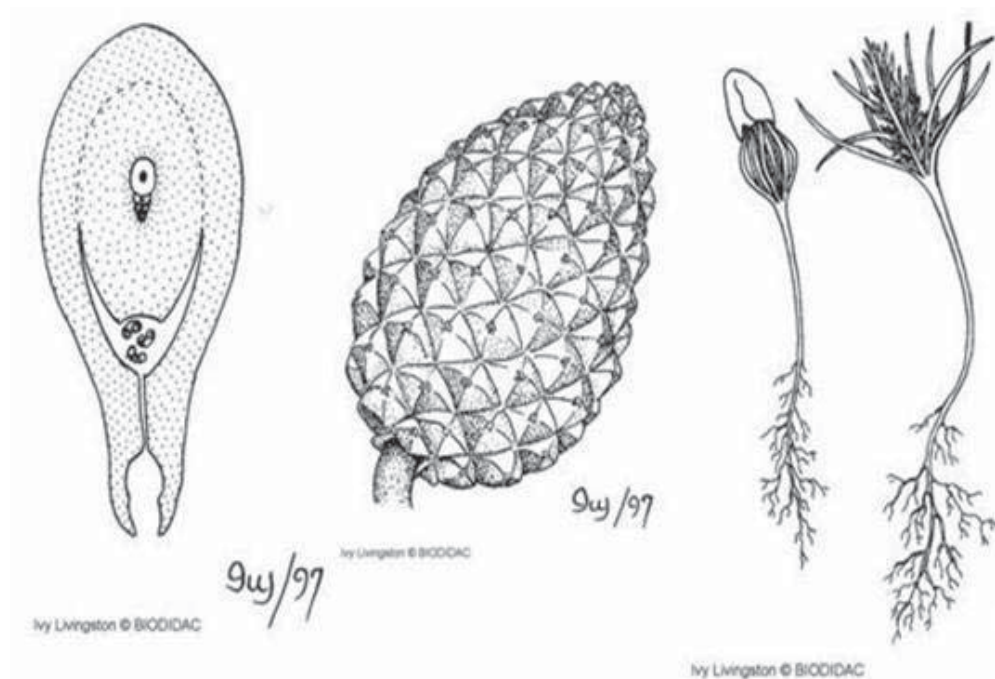



Figura 12 – Pinus. A. óvulo após a fertilização. B. Estróbilo feminino maduro. C. Plântula. Fonte: http://biodidac.bio.uottawa.com.

Figura 13 – Exemplos de estruturas reprodutivas femininas em Gimnospermas.

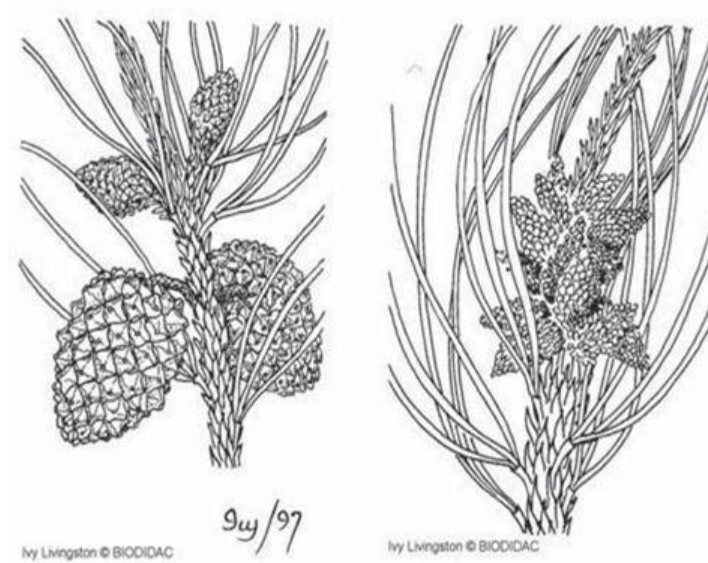



Figura 14 – Pinus. Um ramo feminino evidenciando os estróbilos. Fonte: http://biodidac.bio.uottawa.ca
Um ramo masculino.

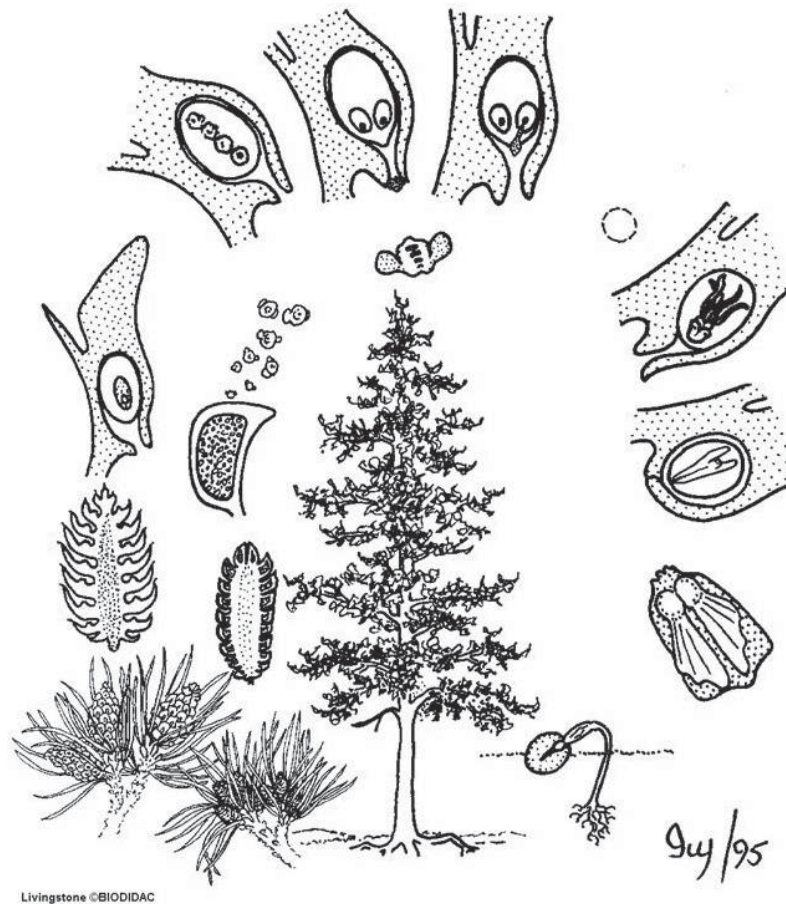



Figura 15 – Ciclo de vida em Pinus.

GIMNOSPERMAS EXTINTAS

São dois grupos de Gimnospermas extintas: as samambaias com sementes (filo Pteridospermophyta) e as Cordaitales, plantas primitivas semelhantes às coníferas.

As samambaias com sementes ou pteridospermas são um grupo muito diverso e artificialmente denominadas pteridospermas; são caracterizadas pela fronde de pteridófita e presença de sementes. Apareceram no Devoniano, atingiram o auge no Carbonífero, decaíram no Permiano e ressurgiram no Triássico, se extinguindo entre o Jurássico e o Cretáceo. Até o final do século passado, eram conhecidas principalmente pela anatomia com características intermediárias entre as Cycas e as samambaias, e receberam o nome de Cycadofilicicales. As pteridospermas foram reconhecidas em 1903 a partir de folhas com semente e, em pouco tempo, foram relacionadas às Cycadofilicicales (nome correto). Formam um grupo heterogêneo, definido pela ausência de estróbilos apesar da presença de sementes

Vários grupos de plantas extintas do Mesozoico são também algumas vezes incluídos nas pteridospermas.

Outro grupo de gimnospermas extintas, as Cicadeoídeas, ou Bennettitales, consistem de plantas com folhas semelhantes as das palmeiras, lembrando de certa forma as atuais cicadófitas.

As Bennettitales são um grupo enigmático de Gimnospermas do Mesozoico que desapareceram do registro fóssil durante o Cretáceo. Alguns paleâbotânicos acreditam que as Bennettitales podem ter sido membros da mesma linha evolutiva das Angiospermas. Atualmente, é ainda incerto onde exatamente as Bennettitales situam-se filogeneticamente. As Bennettitales foram contemporâneas das cicadófitas extintas e ambos os grupos produziam folhas muito semelhantes ao longo da maior parte do Mesozoico. No entanto, reprodutivamente as Bennettitales foram distintas das cicadófitas em vários aspectos, incluindo a presença de estruturas reprodutivas semelhantes a flores, que eram bissexuadas em algumas espécies.

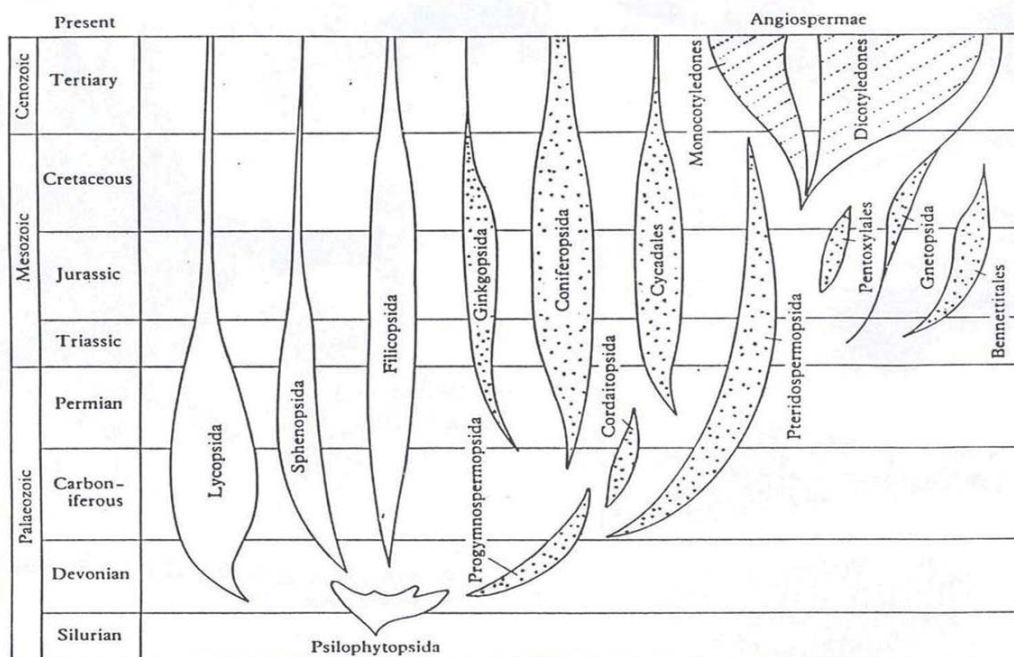



Figura 16– Diagrama estratigráfico e posição filogenética dos principais grupos de plantas terrestres.

GIMNOSPERMAS ATUAIS

Há quatro filos de Gimnospermas com representantes vivos: Cycadophyta, Gingkophyta, Conipherophyta e Gnetophyta.

As Gimnospermas recentes abrangem 80 gêneros e 870 espécies, encontradas principalmente nas regiões temperadas. Alguns grupos dominam grandes áreas florestais como é o caso das coníferas na taiga, enquanto

outros são representados por populações isoladas nas regiões tropical e subtropical, como é o caso da maioria das Cycas. Algums grupos são extremamente localizados como é o caso da Gingko biloba, considerada um fóssil vivo, a única remanescente de uma linhagem, atualmente encontrada apenas em florestas remotas da China, ou a Welwitschia mirabilis, espécie pitoresca, encontrada somente no deserto da Namíbia, no sudeste da África.

No Brasil: Ginkgophyta: Gnetum na Amazônia e Ephedra no Rio Grande do Sul, Cycadophyta: Zamia na Amazônia e Mato Grosso, Pinophyta: Araucaria angustifolia nas áreas subtropicais do sul e sudeste; Podocarpus sellowii do sul e sudeste e P. lambertii chegando até as serras do nordeste.

CARACTERIZAÇÃO, DISTRIBUIÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS GRUPOS

O filo cycadophyta

São plantas semelhantes a palmeiras encontradas principalmente em regiões tropicais e subtropicais. Elas apareceram pelo menos há 250 milhões de anos, durante o período Permiano.

Eram tão numerosas que na era Mesozoica, juntamente com as Bennettitales que se assemelhavam superficialmente a elas, que esse período é chamado “Era das Cycadophyta e Dinosauros”. As Cycadophytas viventes compreendem 11 gêneros, com cerca de 140 espécies.

As Cycadales lembram palmeiras ou pteridófitas, com caule não ramificado, eventualmente subterrâneo e uma coroa de folhas geralmente pinadas no ápice. O caule é manoxílico; o tecido parenquimatoso é bastante desenvolvido, armazenando água na forma de mucilagem e toxinas, em detrimento do tecido vascular, que forma um lenho fino. São polinizadas principalmente por besouros. Os megastróbilos, que podem ir de 2 a 80 cm de comprimento e alcançar até 40 kg, podem chegar a produzir até 500 sementes. As sementes são esponjosas em Cycas, o que possibilita sua flutuação e consequentemente dispersão pela água, mas na maioria dos casos as sementes são vistosas, atraindo animais, principalmente aves que as dispersam.

Apesar de algumas espécies serem utilizadas na alimentação de populações indígenas e outras possuírem usos na medicina popular, a maior importância econômica das Cycadales é a utilização ornamental de espécies como Cycas revoluta e C. circinalis..

A ordem é sustentada pela capacidade de formar nódulos de cianobactérias do gênero Anabaena que atuam como fixadoras de nitrogênio nas raízes, o que possibilita a ocupação de regiões com solos pobres, e pela produção de cicasina (Stevenson 1990). Está distribuída em regiões tropicais e subtropicais da África, incluindo Madagascar, Austrália e ilhas do

Pacífico, e nas Américas incluindo ilhas do Caribe, ocorrendo desde matas úmidas até mangues e dunas. Stevenson (1990) dividiu a ordem em três famílias: Cycadaceae, incluindo apenas Cycas, Stangeriaceae, com Stangeria e Bowenia, e Zamiaceae. Nos Neotrópicos, estão representados Zamia (cerca de 45 espécies), Z. ulei e Z. lecointei chegando até o Brasil, Chigua (1) descrita recentemente para a Colômbia, Ceratozamia (11) e Dioon (9) endêmicas do México e Mycrocycas (1) em Cuba.

A maioria das cicadófitas são árvores altas, algumas alcançam 18 metros ou mais de altura. Muitas têm um tronco bem desenvolvido, que é coberto com as bases da folhas que caíram. As folhas funcionais ocorrem caracteristicamente em uma coroa no ápice do caule; assim, as Cycadophytas se parecem com as palmeiras. Diferentemente das palmeiras, no entanto, as Cycadophytas apresentam um crescimento secundário a partir de um câmbio vascular, ainda que muito vagaroso, a porção central de seus troncos consiste em uma grande massa de medula. As cicadófitas são frequentemente muito tóxicas, com abundantes neurotoxinas e compostos carcinogênicos. Elas abrigam cianobactérias e fazem importantes contribuições para a fixação de nitrogênio em áreas onde elas ocorrem.

As unidades reprodutoras de cicadófitas são folhas mais ou menos reduzidas com esporângios inseridos, que são agrupados frouxa ou densamente em estruturas semelhantes a estróbilos próximos ao ápice da planta. Os estróbilos portando pólen e óvulos das Cycadophyta ocorrem em diferentes plantas. Os tubos polínicos formados pelos gametófitos masculinos das Cycadophyta são tipicamente não-ramificados ou apenas ligeiramente ramificados. Na maioria dessas plantas, o crescimento do tubo polínico resulta em significativa destruição do tecido nucelar. Antes da fecundação, a extremidade basal do gametófito masculino dilata-se e se alonga, levando os gametas masculinos para a proximidade das oosferas. A extremidade basal então se rompe e os gametas multiflagelados liberados nadam até as oosferas. Cada gametófito masculino produz dois gametas masculinos (anterozóides multiflagelados).

O papel de insetos na polinização de cicadófitas é especialmente interessante. Besouros de vários grupos têm sido frequentemente encontrados em associação com estróbilos masculinos e com menor frequência em estróbilos femininos de membros de vários gêneros de cicadófitas.

Grupo antigo, características primitivas, destaca-se a presença de anterozóides.

Dioicas

Fecundação em meio líquido

Grupo monofilético.

Sinapomorfias em caracteres estruturais:

Padrão especializado de feixes vasculares no pecíolo (ômega)

Presença de canais de mucilagem

Fitoquímica: Cycasina e outros compostos tóxicos como defesa contra bactérias e fungos.

Principais representantes

As Cicadophyta, que evoluíram muito pouco ao longo de milhares de anos, são plantas de zonas tropicais ou subtropicais, com tronco lenhoso, sem ramificações, do qual brota um conjunto de folhas semelhantes a um penacho, como o das palmeiras, pelo que, à primeira vista, podem ser confundidas com estas. As verdadeiras palmeiras, no entanto, são Angiospermas e têm características botânicas muito diferentes. As Cicadophyta incluem a família das cicadáceas, conhecidas como saguzinhos - destaca-se a espécie Cycas revoluta, própria do sul do Japão, de cuja medula se obtém um produto alimentício, o chamado sagu do Japão - e a das zamiáceas. O gênero Zamia, estendido por diversas regiões da África e no México principalmente, apresenta caule muito curto, de que saem pequenas hastes e folhas.

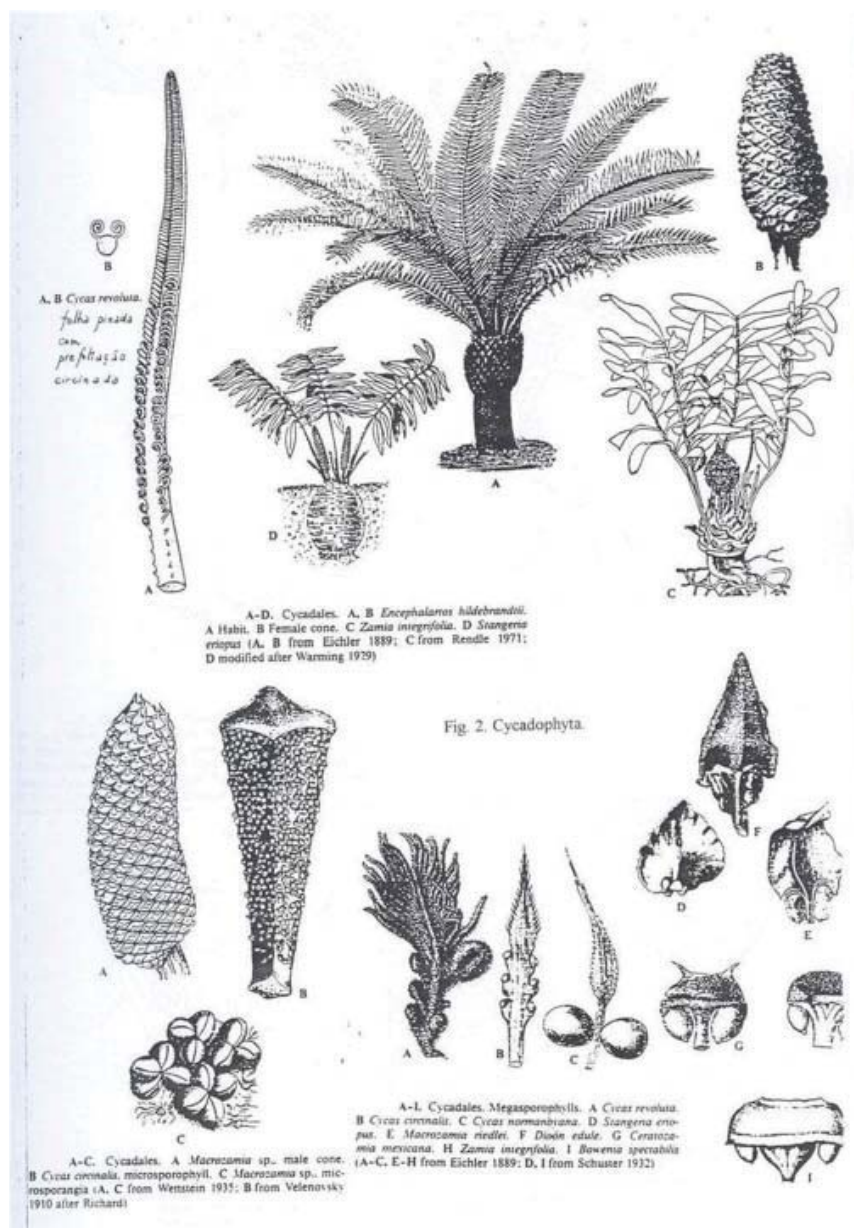



Figura 17 – Exemplo de estruturas vegetativas e reprodutivas em Cycadales.

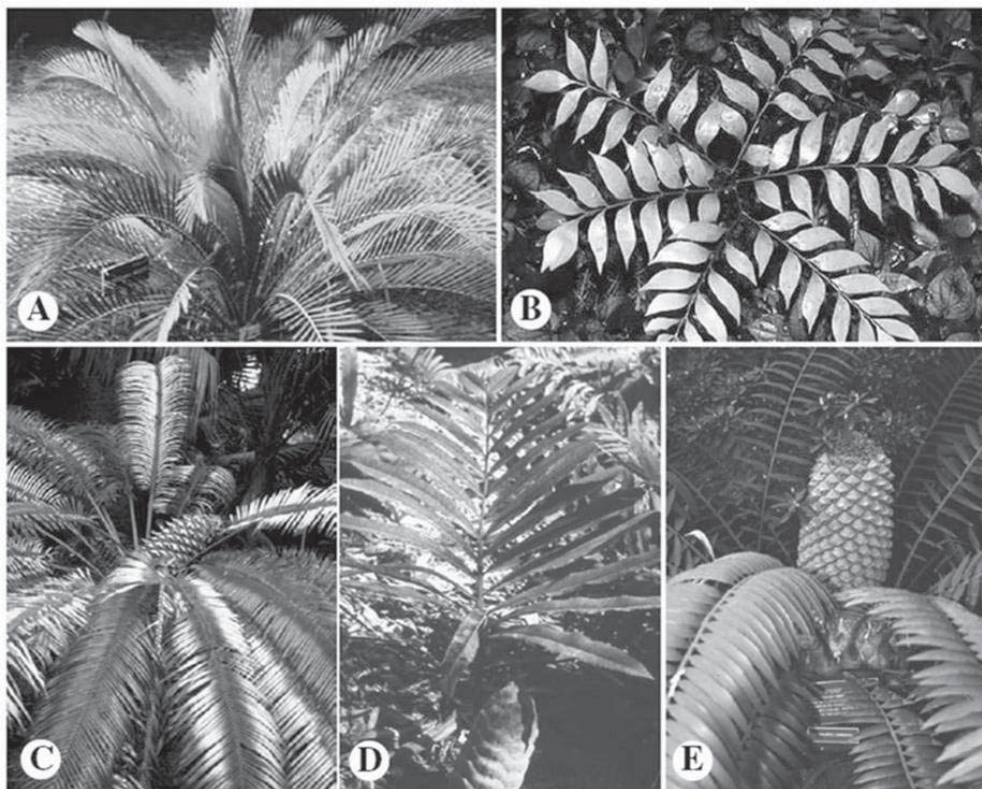



Figura 18 – Diversidade de Cycadófitas. Zamiaceae. A. Macrozamia moorei. B. folhas compostas de Bowenia spectailis. C. Lepidozamia peroffskyana. D. Stangeria eriopus. E. Encephalartos lebomboens. Fonte: Simpson 2006.

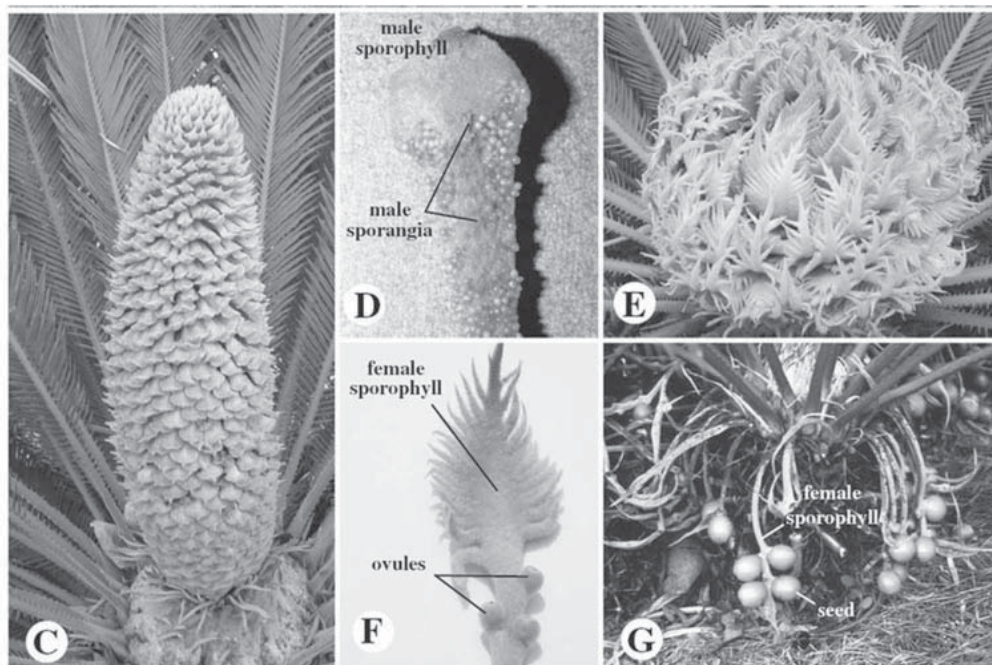



Figura 19 – Cycadaceae (reprodução). C-D) Partes masculinas; E-G) partes femininas. Fonte: Simpson 2006.

O FILO GINKGOPHYTA

Ginkgoales

Árvores dioicas, até 30 m de altura e 0,5 de diâm.; tronco ramificado, simpodial; mucilagem presente na raiz e nas folhas. Folhas flabeliformes, freqüentemente lobadas, venação paralelo-dicotômica, espiraladamente dispostas ou agrupadas em braquiblastos, decíduas no inverno. Estróbilos axilares, em braquiblastos; o masculino composto por vários microsporangióforos, cada qual com 2 sacos polínicos; o feminino composto por um pedúnculo com 2 óvulos divergentes no ápice (1 geralmente aborta). Semente verde, globosa, desenvolvendo externamente um tegumento carnoso quase livre do resto da semente.

Ginkgo biloba é o único representante vivo do filo Ginkgophyta. As árvores de Ginkgo biloba são facilmente reconhecidas pela suas folhas em forma de leque (flabeliformes), com seus padrões de venação abertos e dicótomos. São árvores atrativas e imponentes, embora de lento crescimento, que podem chegar a 30 metros ou mais de altura. As folhas dos brotos ou ramos curtos de lento crescimento de Ginkgo são mais ou menos inteiras, enquanto as dos ramos longes e das plântulas são com frequência profundamente lobadas. Diferentemente de muitas outras Gimnospermas, Ginkgo é decídua, suas folhas assumem uma bela coloração dourada antes de caírem no outono.

Ginkgo biloba é a única sobrevivente de um gênero que pouco mudou em 150 milhões de anos e é o único membro vivo do filo Ginkgophyta. A espécie atual compartilha características com outras Gimnospermas que remontam ao início do período Permiano, alguns 270 milhões de anos atrás.

Figura 20 – Gingko biloba.

ESTRUTURAS REPRODUTIVAS

–Estróbilos masculinos longos e pendentes, pólen não alado;
–Óvulos 2, longo pedunculados;
–Semente ca. 2,5cm diâmetro, externamente carnosa e de cheiro desagradável, internamente dura
–Cotilédones: 2-3

Principais representantes

As Gnetophyta mostram indiscutíveis afinidades com as Angiospermas. Compreendem plantas arbustivas, adaptadas a ambientes desérticos ou de estepe, como os gêneros Ephedra e Welwitschia, e outras em forma de liana, como as do gênero Gnetum, de ambientes selváticos. Na região mediterrânea, abunda a espécie E. distachya, com hastes ramificadas, finas e com muitos nós, que lhe dão aparência articulada. Em regiões áridas da África há uma espécie curiosa, a tumboa (W. mirabilis), composta de uma grossa porção subterrânea, que emerge até meio metro acima do solo, e de duas folhas opostas que medem até dois metros de comprimento, rentes ao chão. Os cipós do gênero Gnetum compreendem espécies tropicais típicas da Amazônia, do golfo da Guiné e de selvas asiáticas.

As Ginkgophyta, que datam do período permiano, foram abundantes no passado, mas subsistem por meio de apenas uma espécie, Ginkgo biloba, originária da China.

O FILO GNETOPHYTA

É um Grupo isolado de Gimnospermas de relação duvidosa. Possui 3 famílias e ca. de 60 espécies.

A subdivisão é constituída de uma classe (Gnetopsida) e três ordens, Gnetales (1 família, 20 espécies), Ephedrales (1 família, 40 espécies) e Welwitschiales (1 família, 1 gênero, Welwitschia, monoespecífico).

Apresentam algumas características em comum.

1. Presença de elementos de vaso no lenho secundário.
2. Estróbilos compostos e diclinos.
3. Óvulo envolvido por algumas escamas (ou brácteas) e possui o tubo micropilar, em cujo o ápice é secretada a gota de polinização.
4. Ausência de canais resiníferos.
5. Embrião com dois cotilédones.
6. Folhas opostas.

FAMÍLIAS

Gnetaceae

Gnetum é um gênero tropical, constituindo-se de lianas lenhosas com

folhas de nervação reticulada, assemelhando-se a uma angiosperma na aparência. Apresenta algumas espécies na Amazônia.

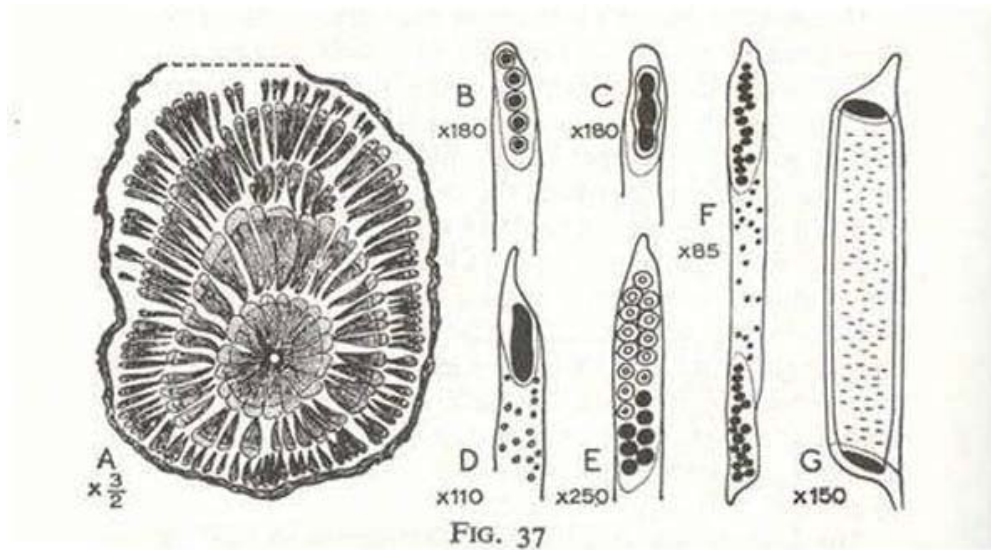



Figura 21 – Elementos de vaso em Gnetales. Fonte: Raven, 2005.

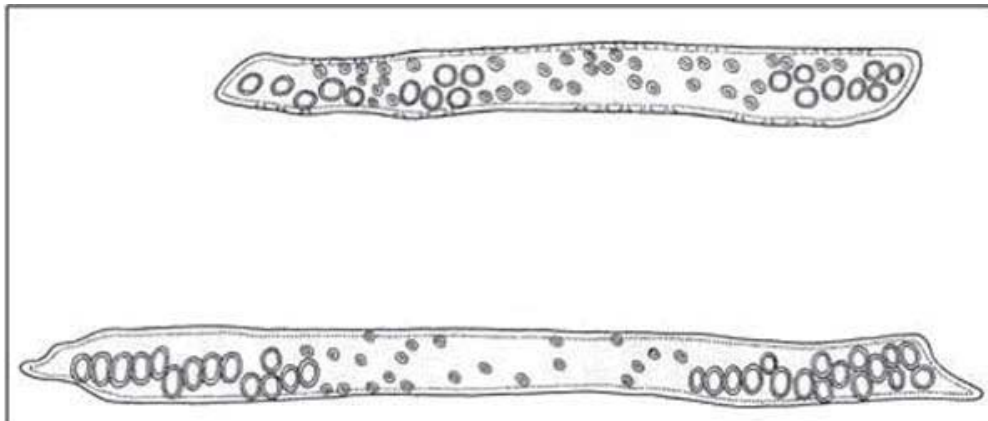



Fig. 22 - Elementos de vaso em Gnetales. Fonte:Simpson, 2006.

Ephedraceae

Ocorre na Ásia e regiões áridas subtropicais da América do Norte e da América do Sul. Possui folhas escamiformes e caule fotossintetizante.

Ephedra (fonte da droga efedrina), apresenta um hábito arbustivo muito ramificado com folhas escamiformes e caule fotossintetizante;a maioria das espécies é asiática, ocorrendo também em regiões áridas subtropicais da América do Norte e América do Sul.

Welwitschiaceae

Welwitschia – possui uma única espécie, W. miriabilis, endêmica dos

desertos do sudoeste da África; apresenta um caule lenhoso muito curto e não ramificado e possui apenas duas folhas que persistem através de toda a vida da planta – cerca de 100 anos. Estas folhas apresentam tecido meristemático basal permanente, permitindo que elas cresçam até atingirem aproximadamente dois metros de comprimento.

Figura 23 – Exemplos de representantes de Gnetophyta.

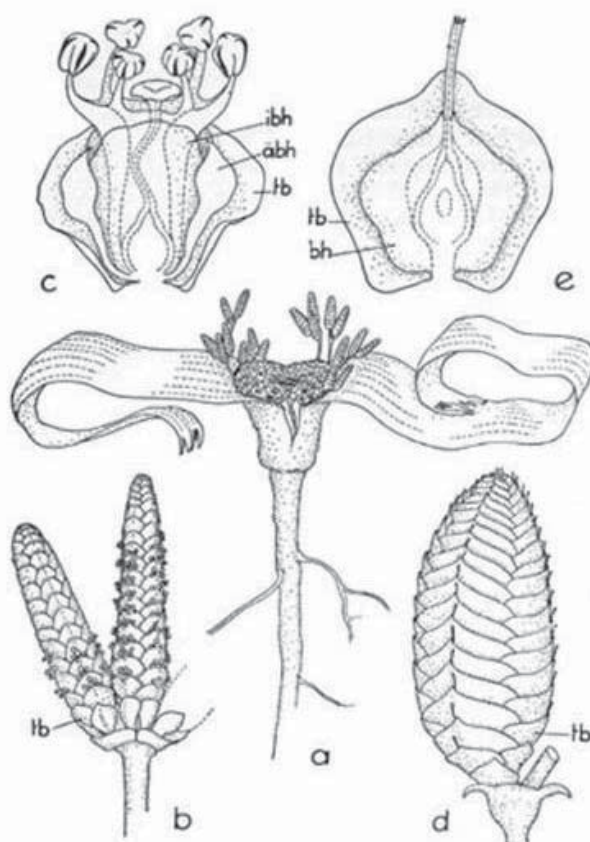



Figura 24 – Exemplo de representantes de Gnetophyta. Welwitschia miriabilis.

O FILO PINOPHYTA

As Pinophyta são Gimnospermas com caules ramificados, vigoroso crescimento secundário, lenho picnoxílico (traqueídes numerosas, parênquima axial escasso) e folhas simples, geralmente pequenas, compondo a "linha microfila" da evolução desses grupos. Elas possuem sementes localizadas em estruturas muito modificadas as escamas (ovulífera e bracteal), apresentando desta maneira, megastróbilos compostos. As plantas podem ser tanto monoicas quanto dioicas. Pela primeira vez no reino vegetal, o grão de pólen forma tubo polínico, na extremidade do qual se localiza a célula espermática que fecundará diretamente a oosfera, tornando a fecundação totalmente independente da água e plenamente sifonogâmica.

Fósseis da ordem Voltizales, também incluídos nesta divisão que viveram do carbonífero ao Jurássico, auxiliaram a entender a natureza composta dos megastróbilos das Pinophyta: Nelas, o megastróbilo era claramente um sistema multi-axial, com eixo principal sustentando folhas modificadas (brácteas), em cujas axilas ramos laterais sustentavam os óvulos e folhas associados a este. A redução desse sistema teria originado os megastróbilos compostos, nos quais se distingue as escamas bracteal e ovulífera, ficando clara a não homologia destas últimas com os megasporofilos de Cycadophyta.

As Pinales, chamadas de coníferas, constituem-se no maior grupo das Pinophyta modernas, abrangendo 30 famílias e cerca de 300 espécies. São mais comuns nas regiões temperadas e temperadas frias, especialmente no hemisfério norte, onde formam extensas florestas. Pinus é o maior gênero de Pinales, com cerca de 90 espécies; Araucária é o gênero mais comum no hemisfério sul. As sequoias (Sequoia e Sequoiadendron) são árvores de até 100 metros de altura e 10 metros de diâmetro basal. Apresentam como características anatômicas, canais resiníferos em grande quantidade, sendo sua resina de grande importância econômica. A madeira das coníferas também é muito usada para a fabricação de móveis e papel. As famílias mais importantes de Pinales são:

1. Pinaceae – apresenta escama ovulífera e bracteal, sendo que com o desenvolvimento do estróbilo elas se fundem e a base da escama ovulífera se torna lenhosa. São plantas monoicas. As sementes são muitas vezes aladas. Tem como principal gênero, Pinus.

Destaca-se a presença de traqueídeos em Pinus e elementos de vaso em Gnetales.

Pinheiro-do-paraná: uma árvore "plantada" por pássaros:

Se fôssemos escolher as cinco árvores mais significativas do Brasil, certamente a araucária ou pinheiro-do-paraná seria uma delas (Araucaria angustifolia). Além de ser uma bela árvore, a araucária é imponente: com forma de taça, alta, reta e com seu tronco mantém a forma cilíndrica quase

perfeita desde a base até o topo, chegando a atingir de vinte a trinta metros de altura.

Além dos seres humanos, boa parte da fauna brasileira - da anta ao sabiá -, apreciam o pinhão, produzido pelo pinheiro-do-paraná. A gralha, outra ave apreciadora do pinhão, geralmente armazena mais do que pode comer, ou - como acreditam muitos -, esquece onde enterrou os pinhões e eles acabam germinando e nascendo.

Os novos pinheiros que saem para a vida servem para compensar os que morrem de velhos ou por doença, porém a semeadura das gralhas não compensa os estragos das motosserras (madeira), pela única razão de que, cortando os pinheiros, acaba-se também com as gralhas.

2. Araucariaceae – são plantas dioicas. O estróbilo feminino é constituído por escamas ovulíferas e bracteais que se soldam e recobrem o óvulo, formando o pinhão. Os microstróbilos apresentam miscrosporofilos com oito microsporângios alongados. Gêneros importantes: Araucária e Agathis.

3. Cupressaceae – é a segunda maior família do grupo. É constituída por folhas pequenas, escamiformes, disposição oposta cruzada. São plantas monoicas. Os microstróbilos são constituídos de microsporofilos com quatro microsporângios. Gêneros importantes: Cupressus, Thuja, Juniperus.

4. Taxodiaceae – são plantas monoicas. As folhas têm disposição espiralada; os microstróbilos apresentam microsporofilos com 2-9 microsporângios. Gêneros importantes: Taxodium (plantas decíduas), Cunninghamia, Cryptomeria, Sequoia, Sequoiadendron.

As Taxales diferem das Pinales por apresentar uma cobertura carnosa ao redor de sementes individuais. A Ontogenia desta cobertura varia nos diferentes membros da ordem. Apresentam-se constituídas de duas famílias: Taxaceae e Podocarpaceae. As Taxaceae são mais comuns no Hemisfério norte, enquanto as Podocarpaceae são originárias do Hemisfério Sul. Vários autores consideram este último gênero como pertencente à Pinales e não ás Taxales. Gêneros importantes: Taxus, Podocarpus.

Principais representantes:

As Pinophyta ou Coniferophyta são as Gimnospermas mais representativas e reúnem espécies bastante conhecidas como os pinheiros, abetos, cedros e ciprestes.

IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DAS GIMNOSPERMAS

As gimnospermas do grupo das coníferas são muito utilizadas na extração de madeira, papel, gomas e resinas que são usadas como substâncias antissépticas. A importância prática da manutenção das florestas é a proteção que elas representam para as bacias hidrográficas. A erosão acelerada, assim como os

desflorestamentos e as práticas agrícolas irracionais, repercutem no regime das águas, como a diminuição das precipitações atmosféricas, tornando a região mais seca, algumas vezes até o limite da desertificação; a deposição incontrolável de sedimentos arrastados das bacias hidrográficas por perturbações no regime dos rios; as inundações, como as que ocorrem em vários vales de rios brasileiros: Mearim (MA), Capibaribe (PE), Jaguaribe (CE), Sapucaí (MG), entre outros.

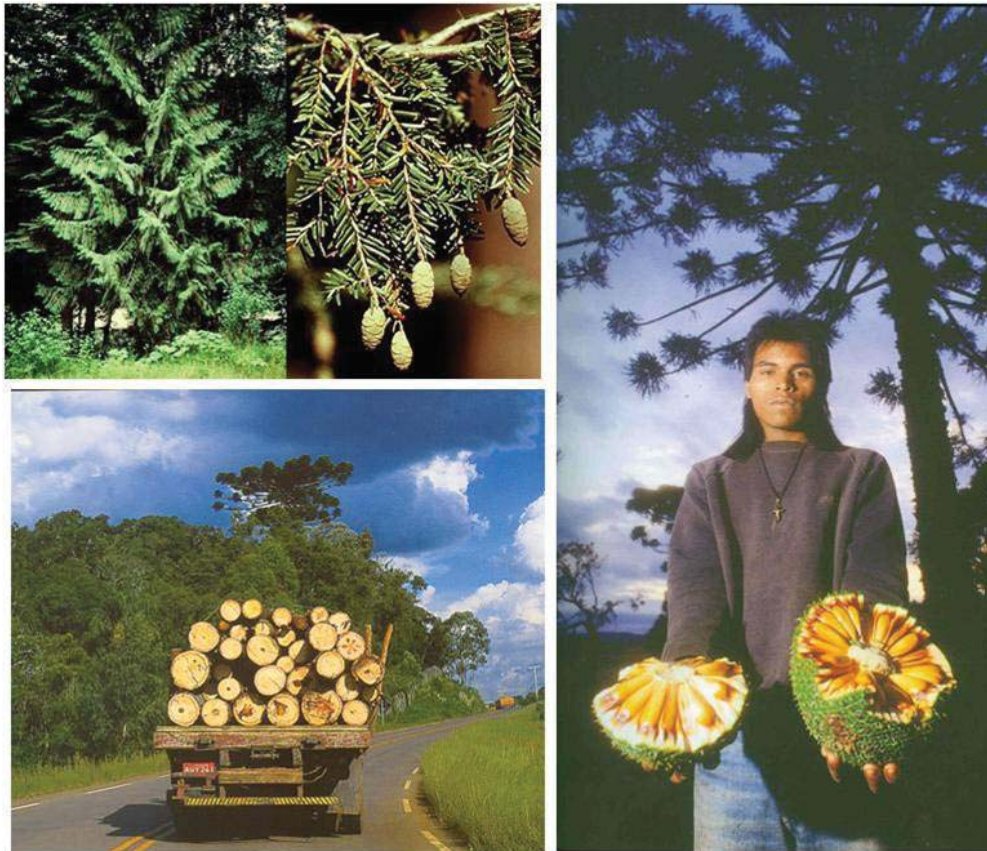



Figura 25 – Exemplos de importância econômica em Gimnospermas. Ornamentação, alimentação, extração de madeiras.

CONCLUSÃO

As Gimnospermas representam uma série de linhas evolutivas de plantas com sementes, nas quais faltam as características distintivas das Angiospermas. É um grupo de plantas que possuem sementes nuas, não encerradas (protegidas) pelo ovário, por isso o nome que lhes foi conferido: Gimnospermas que significa "semente (sperma) e nua (gimno)". É um grupo bastante diversificado, com estruturas de reprodução peculiares. Gnetophyta é um grupo isolado de Gimnospermas de relação duvidosa. Possui algumas características em comum com as Angiospermas tais como

a) presença de elementos de vaso no lenho secundário; b) Estróbilos compostos e diclinos c) óvulo envolvido por algumas escamas (ou brácteas) e possui o tubo micropilar, em cujo ápice é secretada a gota de polinização; d) ausência de canais resiníferos e) embrião com dois cotilédones; f) folhas opostas. Até meados de 1990, os estudos morfológicos mostravam quase invariavelmente as Gnetales como grupo irmão das angiospermas, formando o clado das antófitas, que incluía também os grupos fósseis Bennettitales e Pentoxylales. Essa relação entre Gnetales e Angiospermas era geralmente bem sustentada, mesmo em estudos combinando dados morfológicos e moleculares.

RESUMO

As Gimnospermas não constituem uma linha evolutiva que seja equivalente às Angiospermas. Em vez disso, as Gimnospermas representam uma série de linhas evolutivas de plantas com sementes, nas quais faltam as características distintivas das Angiospermas. São plantas que possuem sementes nuas, não encerradas (protegidas) pelo ovário, por isso o nome que lhe foi conferido: Gimnospermas que significa "semente (sperma) e nua (gimno)". É um grupo bastante diversificado em hábitos e folhas que variam de grandes como em Cycas, pequenas e aciculares em Pinus, pequenas e escamiformes como em Chamaecyparis, flabeliformes como em Gingko biloba. Os indivíduos de Welwitschia são muito peculiares, possuem apenas duas folhas e um meristema intercalar entre elas que proporciona o crescimento indefinido deste órgão. As folhas de Gnetum possuem limbo expandido e nervações reticuladas muito semelhante às folhas de Eudicotiledôneas. As estruturas de reprodução das Gimnospermas estão encerradas em estruturas denominadas estróbilos, as quais podem ser microestróbilos ou megastróbilos. Há quatro filos de Gimnospermas com representantes vivos: Cycadophyta, Gingkophyta, Conipherophyta e Gnetophyta. As Gimnospermas recentes abrangem 80 gêneros e 870 espécies, encontradas principalmente nas regiões temperadas. Alguns grupos dominam grandes áreas florestais como é o caso das coníferas na taiga, enquanto outros são representados por populações isoladas nas regiões tropical e subtropical, como é o caso da maioria das Cycas. Alguns grupos são extremamente localizados como é o caso de Gingko biloba, considerada um fóssil vivo, a única remanescente de uma linhagem, atualmente encontrada apenas em florestas remotas da China, ou Welwitschia mirabilis, espécie pitoresca, encontrada somente no deserto da Namíbia, no sudeste da África. No Brasil: Ginkgophyta: Gnetum na Amazônia e Ephedra no Rio Grande do Sul, Cycadophyta: Zamia na Amazônia e Mato Grosso, Pinophyta: Araucaria angustifolia nas áreas subtropicais do sul e sudeste; Podocarpus sellowii do sul e sudeste e P. lambertii chegando até as serras do nordeste. O quadro a seguir evidencia as diferenças entre Gimnospermas e Angiospermas.

Gimnospermas	x	Angiospermas
Óvulos nus		**Óvulos contidos em ovários resultantes do fechamento das folhas carpelares**
Ausência da dupla fecundação, tecido de reserva haplóide		**Dupla fecundação levando á formação do endosperma**
Xilema formado somente por traqueídeos (exceto nas gnetófitas)		Presença de elementos de vaso no xilema
Ausência de células companheiras no floema		Presença de elementos de tubo crivado e células companheiras no floema
Gametófito feminino formado por arquegônios		Gametófito feminino com 7-16 células, sem arquegônios
Grão de pólen sacados que germinam diretamente sobre o óvulo		Grãos de pólen não sacados são depositados sobre uma estrutura receptiva no carpelo
Período de maturação das sementes lento		Período de maturação das sementes rápido

ATIVIDADES

1. Quais as características diagnósticas das Gimnospermas?
2. Quais os grupos viventes de Gimnospermas?
3. Qual a distribuição geográfica deste grupo? As Gimnospermas ocorrem no Brasil? E em Sergipe?
4. Qual grupo de Gimnospermas possui características diferenciadas, sendo considerado de relação duvidosa?
5. As Gimnospermas possuem importância econômica?
6. Cite as diferenças entre as Gimnospermas e Angiospermas.

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula iremos aprender sobre um grupo de plantas atualmente dominante na terra, sobre a sua caracterização e origem: as ANGIOSPERMAS.

REFERÊNCIAS

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 2005. **Biologia vegetal**. 6 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
SIMPSON, M.G. 2006. **Plants Systematics**. Elsevier Inc.
SOUZA, V.C.; LORENZI, H. 2008. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação de famílias de fanerógamas nativas e exóticas do Brasil, baseado em APG II. 2 ed. Instituto Plantarum.
JUDD, W.S.; CAMPBELL, C.S.; KELLOGG, E. A.; STEVENS, P.F.; DONOGHUE, M.J. 2008. **Plant Systematics**: a phylogenetic approach. 3ª ed. Sinauer Associates Inc.